



Carrera: Ingeniería Eléctrica				
Unidad Curricular: SISTEMAS DE CABLES DE POTENCIA				Código: ECP
Prelación: Redes de Media Tensión				Condición: Electiva
HT: 4	HP: 1	HL: 0	HTI: 8	Créditos: 3
Ubicación: Décimo tercero, cuarto o quinto trimestre		Componente: Formación Profesional Específica		Fecha de Aprobación:

HT: Horas teóricas; HP: Horas Prácticas; HL: Horas de Laboratorio; HTI: Horas de Trabajo Independiente

I. JUSTIFICACIÓN

Cuando la energía eléctrica no puede ser suministrada a través de una línea de transmisión aérea, la solución técnica es hacer uso de sistemas de cables de potencia para lograr la transmisión de dicha energía entre los puntos deseados; en la mayoría de los casos los sistemas de cables de potencia también complementan y flexibilizan la aplicación de las líneas aéreas de transmisión. En tal sentido, la unidad curricular aborda la aplicación de los sistemas de cables de potencia para la transmisión de energía eléctrica así como también uso de técnicas de representación y análisis de fenómenos electromagnéticos como herramientas que permiten representar y predecir de manera clara y precisa el comportamiento de dichos sistemas ante diferentes condiciones de operación, lo cual es de gran importancia en la formación de profesionales expertos en el área de la Ingeniería Eléctrica. El enfoque principal de la unidad curricular está dirigido pero no limitado a sistemas de cables de potencia en baja y media tensión.

La unidad curricular Sistemas de Cables de Potencia es teórico-práctica cuyo desarrollo se basa en competencias adquiridas y desarrolladas en unidades curriculares previas como lo son Redes de Media Tensión I. Similarmente, las competencias adquiridas y desarrolladas en la unidad curricular contribuirán con el análisis, diseño, operación, protección, control, optimización y planificación de los sistemas eléctricos de potencia en baja y media tensión

II. COMPETENCIAS GENÉRICAS Y ESPECÍFICAS A DESARROLLAR SEGÚN EL PERFIL

La unidad curricular contribuirá al desarrollo de las competencias genéricas y específicas del perfil de egreso que se indican a continuación.

GENÉRICAS	ESPECÍFICAS
G2. Comunicación eficaz oral y escrita. Comunica de manera clara y correcta ideas y opiniones en el idioma castellano, mediante la expresión oral, la escritura y los apoyos gráficos para un adecuado desempeño en entornos sociales y culturales diversos.	E6. Opera y controla equipos, instalaciones y sistemas de: conversión de energía, instrumentación, control y protección, electrónicos y de comunicaciones básicas, fundamentado en conocimientos científicos, normas y técnicas, para garantizar su funcionamiento continuo, así como la

G5.Investigación. Aplica el conocimiento científico para comprender y resolver problemas del entorno, mediante la generación de conocimiento y con base en la evidencia. G6.Liderazgo y trabajo en equipo. Integra equipos de trabajo, ya sea realizando tareas de dirección o como un miembro más, con el propósito de desarrollar proyectos con un fin determinado, motivando y conduciendo hacia metas comunes. G8. Resolución de problemas. Identifica y plantea problemas del entorno para resolverlos con criterio y de forma efectiva, utilizando la lógica, los saberes adquiridos y herramientas organizadas adecuadamente. G11. Abstracción, análisis y síntesis. Delimita los elementos de un proyecto, diseño o problema para su análisis y posterior integración al todo.	utilización y consumo de energía eléctrica y su optimización E11. Dirige o supervisa la instalación apropiada de un sistema eléctrico, así como configuraciones básicas de sistemas de comunicaciones, cumpliendo con los procedimientos, instructivos y documentos asociados al sistema de gestión de calidad y seguridad, la optimización de los procesos y la racionalización de costos. E13. Diseña, simula, monta y realiza las pruebas del prototipo de los equipos y sistemas atendiendo las normas y estándares eléctricos vigentes, o se integra a equipos de trabajo interdisciplinarios para diseños más especializados, aplicando conocimientos del área y metodologías apropiadas, con el propósito de garantizar su correcto funcionamiento
--	--

III. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Al finalizar con éxito la unidad curricular el estudiante:

- RA1. Identifica los diferentes componentes de un sistema de cables de potencia y describe claramente la operación de cada uno de ellos para el análisis y síntesis de sistemas eléctricos de distribución en baja y media tensión.
- RA2. Interpreta las variables que afectan la operación de sistemas de cables de potencia, su interrelación y control para garantizar condiciones de operación óptimas de los sistemas de cables de potencia.
- RA3. Determina los parámetros y modelado apropiado de los sistemas de cables de potencia ante diferentes condiciones de operación para el análisis y síntesis de sistemas eléctricos de distribución en baja y media tensión.
- RA4. Describe de forma global la aplicación de técnicas y procedimientos de diagnóstico para el mantenimiento correctivo, periódico y predictivo de sistemas de cable de potencia de baja y media tensión.
- RA5. Aplica normas técnicas nacionales e internacionales en el diseño y evaluación de los sistemas de cables de potencia para garantizar un desempeño de calidad confiable y seguro.

VI. CONTENIDOS

a. Resultados de Aprendizaje - Contenidos

Resultados de Aprendizaje	Contenidos
---------------------------	------------

RA1. Identifica los diferentes componentes de un sistema de cables de potencia y describe claramente la operación de cada uno de ellos para el análisis y síntesis de sistemas eléctricos de distribución en baja y media tensión.	Conceptuales: Definición del cable de potencia. Rol de los cables de potencia en los sistemas de potencia. Cables y Accesorios: Sistema de cable de potencia. Cables de potencia AC. Cables de Potencia DC. Procedimentales: Comparación entre sistemas subterráneos vs sistemas aéreos. Clasificación de acuerdo a niveles de voltaje (LV, MV, HV, EHV, UHV). Actitudinales: Criterios de análisis y rigurosidad en el desarrollo de problemas. Capacidad de trabajar en equipo. Responsabilidad personal en la entrega de tareas y presentación de trabajos. Criterios para la búsqueda y análisis de información. Principios éticos en la vida universitaria y profesional. Espíritu crítico y autocrítico Curiosidad por el conocimiento nuevo. Capacidad de aplicar principios de matemática y física en el entendimiento y descripción de fenómenos físicos. Disposición para el autoaprendizaje. Disposición para el trabajo metódico y eficiente.
RA2. Interpreta las variables que afectan la operación de sistemas de cables de potencia, su interrelación y control para garantizar condiciones de operación óptimas de los sistemas de cables de potencia.	Conceptuales: Efecto piel, efecto de proximidad, pérdidas eléctricas, ampacidad de un cable de potencia. Tipos de aislamiento. Tipos de instalación. Rol de los accesorios en un sistema de cables de potencia. Juntas. Terminaciones. Derivaciones. Conectores separables. Conectores no-separables. Cajas de distribución. Tecnologías, auto-retractiles, termo-retractiles, cintas semiconductora/aislante, pre-moldeadas. Control del estrés eléctrico, control geométrico, control capacitivo, control no-lineal. Problemas de instalación de accesorios más comunes en MV. Proceso básico de manufactura. Procedimentales: Distingue e interrelaciona las variables que afectan la operación de sistemas de cables de potencia. Actitudinales: Criterios de análisis y rigurosidad en el desarrollo de problemas. Capacidad de trabajar en equipo. Responsabilidad personal en la entrega de tareas y presentación de trabajos. Criterios para la búsqueda y análisis de información. Principios éticos en la vida universitaria y profesional. Espíritu crítico y autocrítico Curiosidad por el conocimiento nuevo. Capacidad de aplicar principios de matemática y física en el entendimiento y descripción de fenómenos físicos. Disposición para el autoaprendizaje. Disposición para el trabajo metódico y eficiente.
	matemática y física en el entendimiento y descripción de fenómenos físicos. Disposición para el autoaprendizaje. Disposición para el trabajo metódico y eficiente.

RA3. Determina los parámetros y modelado apropiado de los sistemas de cables de potencia ante diferentes condiciones de operación para el análisis y síntesis de sistemas eléctricos de distribución en baja y media tensión.	Conceptuales: Estructura de un cable de potencia. El aislamiento. Apantallamientos del conductor y aislamiento. La Chaqueta metálica. Chaqueta Exterior. Procedimentales: Modelado de cables de potencia, parámetros resistivo, inductivo, capacitivo, conductivo, el sistema de cable de potencia como una línea de transmisión. Actitudinales: Criterios de análisis y rigurosidad en el desarrollo de problemas. Capacidad de trabajar en equipo. Responsabilidad personal en la entrega de tareas y presentación de trabajos. Criterios para la búsqueda y análisis de información. Principios éticos en la vida universitaria y profesional. Espíritu crítico y autocrítico Curiosidad por el conocimiento nuevo. Capacidad de aplicar principios de matemática y física en el entendimiento y descripción de fenómenos físicos. Disposición para el autoaprendizaje. Disposición para el trabajo metódico y eficiente.
RA4. Describe de forma global la aplicación de técnicas y procedimientos de diagnóstico para el mantenimiento correctivo, periódico y predictivo de sistemas de cable de potencia de baja y media tensión.	Conceptuales: Mecanismos de falla en sistemas de cables con aislamiento laminado MV. Mecanismos de falla en sistemas de cables con aislamiento extruido. Defectos, defectos de manufactura, defectos por estrés térmico, defectos por sobrecalentamiento. El problema del diagnóstico, fundamentos. Tipos de fuentes de energización utilizadas para el diagnóstico. Pruebas en línea y fuera de línea. Procedimentales: Técnicas de localización de fallas. Métodos de Instalación. Gestión de sistemas de cables de potencia. Mantenimiento basado en condición y su dilema. Actitudinales: Criterios de análisis y rigurosidad en el desarrollo de problemas. Capacidad de trabajar en equipo. Responsabilidad personal en la entrega de tareas y presentación de trabajos. Criterios para la búsqueda y análisis de información. Principios éticos en la vida universitaria y profesional. Espíritu crítico y autocrítico Curiosidad por el conocimiento nuevo. Capacidad de aplicar principios de matemática y física en el entendimiento y descripción de fenómenos físicos. Disposición para el autoaprendizaje. Disposición para el trabajo metódico y eficiente.
RA5. Aplica normas técnicas nacionales e internacionales en el diseño y evaluación de los	Conceptuales: Estándar, función de los estándares, importancia de la aplicación de los estándares, estándares nacionales e internacionales, diferencias entre estándares y normativas.
sistemas de cables de potencia para garantizar un desempeño de calidad confiable y seguro.	Procedimentales: Aplicación de normas técnicas nacionales e internacionales en el diseño y evaluación de los sistemas de cables de potencia. Actitudinales: Criterios para la búsqueda y análisis de información. Principios éticos en la vida universitaria y profesional. Disposición para el autoaprendizaje. Disposición para el trabajo metódico y eficiente.

b. Temario

UNIDAD/TEMA	CONTENIDO	Horas
Tema I. Introducción	Definición del cable de potencia. Marco histórico. Rol de los cables de potencia en los sistemas de potencia. Cables y Accesorios: Sistema de cable de potencia. Comparación entre sistemas subterráneos vs sistemas aéreos. Clasificación de acuerdo a niveles de voltaje (LV, MV, HV, EHV, UHV). Cables de potencia AC. Cables de Potencia DC.	4
Tema II. Teoría Básica de los Cables de Potencia	Estructura de un cable de potencia. Núcleo de cable. Chaqueta metálica. Chaquetas exteriores. Armaduras. El conductor, tipos, materiales, tamaño (calibre), AWG, MCM o Kcmil, mm ² , efecto piel, efecto de proximidad, pérdidas eléctricas, ampacidad de un cable de potencia. El aislamiento, tipos (laminado/extruido), materiales dieléctricos, HMWPE, XLPE, WTRXLPE, EPR, PILC, tipo tubo (Pipetype), termoplástico, termo-set, proceso de vulcanización, propiedades dieléctricas, pérdidas dieléctricas, ancho del aislamiento según normativa. Apantallamientos del conductor y aislamiento, materiales, funcionamiento, interfaces suaves y súper suaves, apantallamientos químicamente adheridos y de fácil remoción, delaminaciones. La Chaqueta metálica, tipos, materiales, funcionamiento, capacidad de cortocircuito, corrosión, corrientes de fuga del aislamiento, cruce de fases (cross-bonding), técnicas de aterrizaje. Chaquetas exteriores, materiales (aislantes, semiconductores), función. La Armadura, función, materiales (aleaciones aluminio o acero), pérdidas magnéticas, técnicas de aterrizaje. Modelado básico de cables de potencia, parámetros resistivo, inductivo, capacitivo, conductivo, el sistema de cable de potencia como una línea de transmisión. Proceso básico de manufactura.	14
Tema III. Accesorios	Rol de los accesorios en un sistema de cables de potencia. Juntas. Terminaciones. Derivaciones. Conectores separables. Conectores noseparables. Cajas de distribución. Tecnologías, auto-retractiles, termo-retractiles, cintas semiconductor/aislante, pre-moldeadas. Control del estrés eléctrico, control geométrico, control capacitivo, control no-lineal. Problemas de instalación de accesorios más comunes en MV. Proceso básico de manufactura.	10
Tema IV. Mecanismos de falla en sistemas de cables de potencia	Mecanismos de falla en sistemas de cables con aislamiento laminado MV, cables belted, cables apantallados, impregnación, estrés térmico, humedad. Mecanismos de falla en sistemas de cables con aislamiento extruido, descargas de superficie, intrínseco (descargas atmosféricas), corrosión del neutro, sobrecalentamiento, cambios químicos, envejecimiento y degradación natural, árboles acuosos, árboles eléctricos, descargas parciales. Defectos, defectos de manufactura, defectos por estrés térmico, defectos por sobrecalentamiento. Técnicas de localización de fallas. Métodos de Instalación.	14

Tema V . Diagnóstico de cables de potencia	El problema del diagnóstico, fundamentos. Gestión de sistemas de cables de potencia. Mantenimiento basado en condición y su dilema. Tipos de fuentes de energización utilizadas para el diagnóstico. Pruebas en línea y fuera de línea. Tecnologías de diagnóstico, reflectometría en el dominio del tiempo, descargas parciales, factor de disipación, espectroscopia dieléctrica, pruebas de esfuerzo no-monitoreadas, pruebas de esfuerzo monitoreadas, corrientes y voltajes de polarización/despolarización. Aplicación e interpretación de resultados por tecnología. Estándares asociados. Casos de Estudio.	18
--	---	----

V. REQUERIMIENTOS

Al iniciar las actividades de aprendizaje de la unidad curricular, por sus saberes aprendidos con anterioridad, el estudiante:

- Entiende en concepto de aislamiento eléctrico.
- Describe los materiales a través de sus propiedades resistiva, dieléctrica y magnética.
- Caracteriza los materiales como conductores, semiconductores y aislantes.
- Aplica la teoría electromagnética para determinar los parámetros de una línea de transmisión.
- Analiza redes de alta tensión.
- Aplica la transformada de Fourier en el análisis de sistemas.
- Expresa sistemas lineales y no lineales en ecuaciones de espacio de estado.
- Aplica los conceptos de variable aleatoria para la descripción de sistemas estocásticos.
- Planifica transductores eléctricos para la medición de variables físicas.
- Entiende el concepto de ancho de banda.
- Diseña filtros activos y pasivos con diferentes respuestas en frecuencia. Entiende el concepto de conversión analógica/digital.

VI. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

Se utilizará una metodología de aprendizaje grupal inductiva-deductiva que requiere de la participación activa y constante de los estudiantes en la búsqueda, lectura y análisis de la información que facilite la integración de los aspectos teórico-prácticos así como el análisis y solución de problemas de la asignatura.

ACTIVIDAD	TÉCNICAS
Clases de Teoría	Se impartirán en el aula, siendo la presencia del alumno necesaria para un aprendizaje adecuado y una formación óptima. La metodología se basa clase expositiva centrada en el estudiante, con discusión socializada.
Clases de Problemas	Estas clases se intercalarán en el desarrollo de la asignatura de la forma más conveniente para el aprendizaje, no habrá días previamente asignados para ello. La metodología se fundamenta en el trabajo colaborativo para la resolución de problemas. El estudiante utilizará lógica deductiva, con la cual a partir de principios y leyes fundamentales puede solucionar teórica y experimentalmente problemas relacionados con el estudio de las propiedades más relevantes
Tutorías	Atención personalizada al alumno, presencial y a distancia. Son opcionales y recomendables para el aprendizaje de los alumnos que cursan regularmente la asignatura y asistan a las clases.
Prácticas	En equipo o individualmente, los estudiantes realizarán: problemas, trabajos escritos y prácticos, diseño y elaboración de programas con computador para la solución de problemas.

VII. SISTEMA DE EVALUACIÓN

Temas	Indicador de Logro	Resultado de Aprendizaje	Evidencias de Aprendizaje
1 y 2	Demuestra que puede identificar los diferentes componentes de un sistema de cables de potencia así como también describir claramente la operación de cada uno de ellos. Interpreta las variables que afectan la operación de sistemas de cables de potencia, su interrelación y control.	RA1 y RA2	Prueba Escrita
3	Determina los parámetros y modela apropiadamente los sistemas de cables de potencia ante diferentes condiciones de operación.	RA3 y RA5	Prueba Escrita Proyecto
4 y 5	Describe de forma global la aplicación de técnicas y procedimientos de diagnóstico para el mantenimiento correctivo, periódico y predictivo de sistemas de cable de potencia de baja y media tensión.	RA4 y RA5	Prueba Escrita Proyecto

VIII. RECURSOS

Recursos didácticos requeridos son: computador portátil, video beam, pizarrón, marcadores.

Recursos de infraestructura: aula con facilidades para la proyección. Laboratorio de Alta Tensión.

IX. FUENTES DE INFORMACIÓN

Básicas

Toshikatsu, T. and Greenwood, A. “Advanced power cable technology: present and future,” CRC Press Inc., Vol. I and II, Boca Raton, Florida, 1983.

William A. Thue, Electrical power cable engineering, New York, NY: Marcel Dekker, 1999.
Bartnikas, R. and Srivastava, K. “Power and communication cables: theory and applications,” IEEE Series on Power Engineering, New York, NY, 1999.

Complementarias

Dissado, L. and Fothergill, J. “Electrical degradation and breakdown in polymers,” IEE Materials and Devices Series 9, Peter Peregrinus Ltd., London, 1992.

IEEE, “IEEE guide for detection, mitigation, and control of concentric neutral corrosion in mediumvoltage underground cables,” IEEE Std. 1617-2007.

IEEE Std. 400™ – 2001 Omnibus: IEEE Guide for Field Testing and Evaluation of the Insulation of Shielded Power Cable Systems.

IEEE Std. 1617™ – 2007: IEEE Guide for Detection, Mitigation, and Control of Concentric Neutral Corrosion in Medium-Voltage Underground Cables.

IEEE Std. 400 – 2012: IEEE Guide for Field Testing and Evaluation of the Insulation of Shielded Power Cable Systems Rated 5 kV and Above

IEEE Std. 400.2 – 2013: IEEE Guide for Field Testing of Shielded Power Cable Systems Using Very Low Frequency (VLF) (less than 1 Hz)

IEC 60270TM - 2000: High-Voltage Test Techniques – Partial Discharge Measurements

IEEE Std. 400.3™ – 2006: IEEE Guide for Partial Discharge Testing of Shielded Power Cable Systems in a Field Environment

Norma COVENIN 541-2002, ALAMBRES Y CABLES AISLADOS PARA DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA HASTA 2000 V Y CABLES DE CONTROL. (1RA. REVISIÓN).

Norma COVENIN 2570-1989, ALAMBRES Y CABLES. DETERMINACION DEL NIVEL DE EXTINCION DE DESCARGAS PARCIALES.

Norma COVENIN 2644-1989, CABLES REDONDOS CONCENTRICOS COMPACTADOS DE ALUMINIO.

Norma COVENIN 2643-1989, CABLES REDONDOS CONCENTRICOS COMPACTADOS DE COBRE.

Sitios web <http://www.serbi.ula.ve>

<http://www.saber.ula.ve>

<https://www.pesicc.org/iccWebSite>

e

<http://www.neetrac.gatech.edu/cdfi-publications.html>

<http://www.southwire.com> <http://www.siemens.com/power-cables>

<https://ocw.mit.edu/index.htm>